

ANALISIS KONTRIBUSI AEROSOL DAN FRAKSI AWAN TERHADAP TEMPERATUR UDARA PERMUKAAN DI INDONESIA

Tuti Budiwati

Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer Dan Iklim-LAPAN

Jl. Dr. Djundjunaan 133, Bandung

*Tel/Fax: 022-6037445/022-6037443; e-mail: tuti_lapan@yahoo.com

Abstract

Aerosols are solid and liquid particles suspended in the air. Aerosols are also as cloud condensation nuclei (CCN) and therefore they can modify the radiative properties of clouds. Both of aerosols and clouds in the atmosphere can influence budget of solar radiation that effects climate. *Aerosol Optical Depth* (AOD) data at wavelength of 483.5 nm, cloud fraction data from satellite of Aura-NASA with OMI sensor (*The Ozone Monitoring Instrument*) and surface air temperature data from Terra-Aqua satellite with AIRS (*Atmospheric Infrared Sounder*) sensor by NASA during 2009 are analyzed to find the effect of aerosol and cloud on surface air temperature. Pearson correlation analysis showed strong and significant AOD_(483.5 nm) negative correlation with surface air temperature (i.e. -0.745), compared to the correlation between cloud and temperature (i.e. -0.659). Simple regression analysis indicated temperature decrease by 2.646 K for each increase of AOD_(483.5 nm) by factor 1. Decreasing temperature by 4.561 K was also shown for each increase of cloud fraction by factor 1. In 2009, the monthly average of AOD_(483.5 nm) was 0.646 with its' maximum of 1.309 and minimum of 0.339 for Indonesia. Monthly average of cloud fraction was 0.301 with its' maximum of 0.555 and minimum of 0.109 for Indonesia. Analysis results indicated that Kalimantan and Sumatera areas contributed larger amount of aerosols compared to East Indonesia's region.

Keywords: Aerosol Optical Depth, cloud fraction, surface air temperature

Abstrak

Aerosol adalah partikel padatan atau cair yang tersuspensi dalam udara. Aerosol juga merupakan inti kondensasi awan (dan bersifat mengubah sifat-sifat radiasi awan. Keberadaan keduanya di atmosfer dapat mempengaruhi budget radiasi matahari yang mempengaruhi iklim. Dengan menggunakan data aerosol dalam *Aerosol Optical Depth* (AOD) pada panjang gelombang 483,5 nm dan fraksi awan dari satelit Aura-NASA sensor OMI (*The Ozone Monitoring Instrument*) serta data temperatur permukaan udara dari satelit Terra-Aqua sensor AIRS (*Atmospheric Infrared Sounder*) milik NASA selama tahun 2009 akan dilihat pengaruhnya terhadap temperatur permukaan udara. Dengan analisis korelasi Pearson terdapat korelasi yang kuat dan signifikan dari AOD_(483,5 nm) terhadap temperatur permukaan udara yaitu sebesar -0,745 dibandingkan awan terhadap temperatur yaitu -0,659. Hasil analisis terdapat penurunan temperatur dikarenakan aerosol sebesar 2,646 K setiap nilai 1 untuk AOD_(483,5 nm). Dan penurunan temperatur oleh fraksi awan adalah 4,561 K setiap nilai 1 untuk fraksi awan. Pada tahun 2009 nilai AOD_(483,5 nm) rata-rata bulanan adalah 0,646 dengan maksimum 1,309 dan minimum 0,339 untuk Indonesia. Adapun fraksi awan rata-rata bulanan 0,301 dengan nilai maksimum 0,555 dan minimum 0,109 untuk Indonesia. Dari hasil analisis spasial ternyata daerah Kalimantan dan Sumatera memberikan kontribusi aerosol terbesar dibandingkan wilayah Indonesia bagian timur.

Kata kunci: Aerosol Optical Depth, fraksi awan, temperatur

1. PENDAHULUAN

Aerosol atmosfer dihasilkan dari berbagai macam sumber alamiah maupun sumber antropogenik. Sumber alamiah merupakan akibat dari aktivitas yang terjadi di alam seperti gunung berapi dan penguapan air laut. Sumber antropogenik merupakan akibat dari aktivitas manusia seperti transportasi, industri dan pembakaran biomassa. Sedangkan berdasarkan mekanisme pembentukannya, maka aerosol terbagi menjadi aerosol primer dan aerosol sekunder. Aerosol primer adalah aerosol yang dihasilkan dari emisi partikel

secara langsung dari sumbernya seperti garam laut, debu padang pasir, gunung berapi, dan partikel-partikel tanah. Sedangkan aerosol sekunder terbentuk melalui kondensasi gas-gas maupun uap tertentu atau sebagai hasil dari transformasi kimia dari gas-gas prekursoranya di atmosfer seperti dari gas-gas buangan industri dan transportasi. Pembakaran biomassa merupakan sumber primer aerosol baik alamiah maupun antropogenik. Partikel-partikel ini biasanya berukuran sangat kecil sehingga mudah mengalami transportasi jarak jauh. Umumnya pembakaran biomassa menghasilkan partikel karbon. Pembakaran biomassa juga dapat menghasilkan aerosol organik sekunder melalui proses konversi gas ke partikel. Pembakaran biomassa besar-besaran di daerah tropis untuk membuka hutan merupakan sumber utama aerosol ini. Debu tanah merupakan sumber primer yang diproduksi baik secara alamiah maupun antropogenik. Aktivitas pertanian adalah sumber antropogenik dari aerosol debu tanah.

Peningkatan aerosol atmosfer oleh aktivitas manusia maupun secara alamiah akan mempengaruhi budget radiasi matahari, yaitu mempengaruhi intensitas radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi. Pengaruh langsung dari aerosol ada dua, yaitu: efek penghamburan dan absorpsi dari radiasi matahari. Pengaruh tidak langsung dari aerosol yaitu aerosol menyokong terbentuknya inti kondensasi yang penting untuk proses pembentukan awan. Aerosol atmosfer mengabsorpsi dan menghamburkan radiasi matahari yang datang dan radiasi infrared yang dipancarkan dari bumi. Pengaruh aerosol atmosfer pada radiasi matahari sangat bergantung pada ukuran penyebaran, bentuk, konsentrasi, dan sifat-sifat optiknya. Menurut McCormick et al. (1995), letusan G. Pinatubo di Pilipina pada 15 Juni 1991 menimbulkan timbulan aerosol sebanyak $30\text{Tg}(30 \times 10^{12}\text{g})$. Akibat letusan G. Pinatubo pada Juni 1991 temperatur rata-rata global turun $0,5^{\circ}\text{C}$ di permukaan dan $0,6^{\circ}\text{C}$ di troposfer (Parker D. E. et al., 1995). Aerosol yang berasal dari sumber antropogenik menyumbangkan 10% dari total aerosol dan memberikan kontribusi 50% dari rata-rata global ketebalan optik (Seinfeld dan Pandis, 1997).

Menurut Ohta et al. (1997) hasil analisa koefisien kekeruhan atmosfer secara global yang diperoleh di daerah pedesaan Jepang dari 1954 -1989 memperlihatkan kenaikan 0,028 telah menyebabkan penurunan rata-rata temperatur permukaan secara global sebesar $0,41^{\circ}\text{C}$. Adapun peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca seperti CO_2 dan metan menaikkan rata-rata temperatur permukaan secara global sebesar $0,45 \pm 0,15^{\circ}\text{C}$ (IPCC, 1992). McCormick dan Ludwig (1967) menyatakan bahwa kenaikan aerosol atmosfer dapat menyebabkan kenaikan albedo, karena itu mendinginkan bumi. Dampak albedo tergantung pada ketebalan optik, sifat-sifat absorpsi aerosol, ukuran penyebaran dan indeks refraksi.

Mengingat potensi penurunan radiasi oleh aerosol, maka makalah ini akan mengkaji seberapa besar aerosol dan fraksi awan berdampak terhadap perubahan temperatur pada tahun 2009 di Indonesia.

2. METODOLOGI

Data yang digunakan adalah aerosol dalam *Aerosol Optical Depth* (AOD) pada panjang gelombang 483,5 nm yaitu daerah maksimum spektrum radiasi matahari (Houghton, 1986) dan fraksi awan harian dari satelit Aura-NASA sensor *OMI* (*The Ozone Monitoring Instrument*) untuk Indonesia $92,5^{\circ}$ - 142° BT: 6° LU- 11° LS. Periode data yang digunakan adalah satu tahun dari Januari sampai Desember 2009 level 2 dengan resolusi global grid $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$. Untuk analisis spasialnya dibuat rata-rata musiman yaitu Desember Januari Februari (DJF), Maret April Mei (MAM), Juni Juli Agustus (JJA) dan

September Oktober Nopember (SON) baik AOD maupun fraksi awan di setiap gridnya, selanjutnya dengan perangkat lunak ARCVIEW/GIS ver. 3.1 dibuat kontur sebarannya.

Analisis waktu (*time series*) terhadap data harian AOD_{483,5nm} dan fraksi awan dengan *Microsoft Excel* berdasarkan rata-rata harian untuk Indonesia. Selain itu dari data *time series* rata-rata harian dibuat rata-rata bulanan Indonesia untuk AOD maupun fraksi awan.

Data temperatur udara permukaan harian dari satelit Terra-Aqua sensor *AIRS* (*Atmospheric Infrared Sounder*) milik NASA dipotong untuk wilayah Indonesia 92,5°-142° BT: 6° LU-11° LS dengan resolusi grid 1°x1°. Dan selanjutnya dibuat rata-rata musiman di setiap grid untuk kontur musiman dengan perangkat lunak ARCVIEW/GIS ver. 3.1.

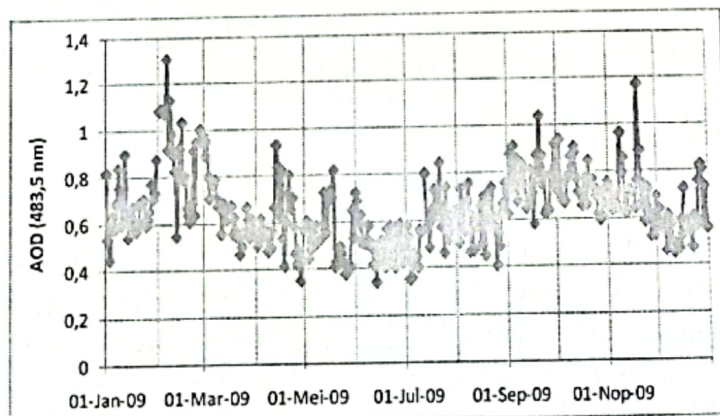
Dari data harian temperatur udara permukaan udara dibuat rata-rata harian untuk Indonesia. Selanjutnya dibuat kurva variasi untuk analisis waktu dikaitkan dengan variasi dari AOD_{483,5nm} dan fraksi awan. Dari data *time series* rata-rata harian temperatur udara permukaan dibuat rata-rata bulanan untuk Indonesia.

Kajian pengaruh AOD_{483,5nm} dan fraksi awan terhadap temperatur udara permukaan dengan metode korelasi Pearson dari SPSS (*Statistical Product and Service Solutions*). 15 untuk tingkat kepercayaan 95% atau $\alpha=0,05$. Analisis korelasi Pearson menggunakan data rata-rata bulan untuk wilayah Indonesia dari AOD_{483,5nm}, fraksi awan dan temperatur udara permukaan.

3. HASIL DAN DISKUSI

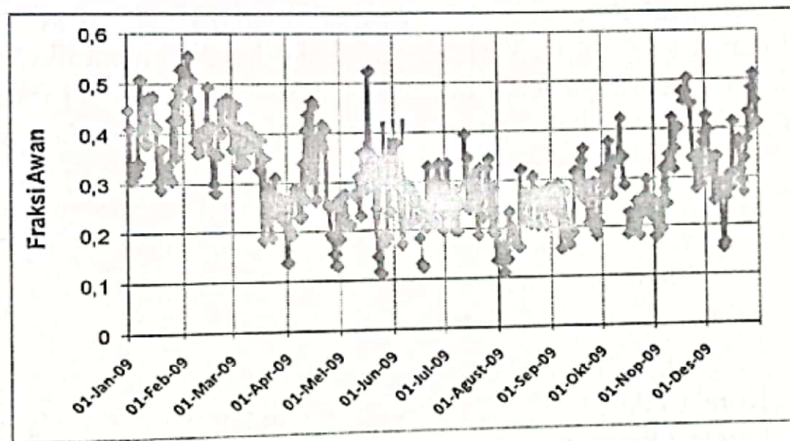
3.1. AOD_{483,5nm}, Fraksi Awan dan Temperatur Udara Permukaan

Gambar 3.1 memperlihatkan fluktuasi AOD_{483,5nm} selama tahun 2009 di Indonesia. Dari profil data harian AOD_{483,5nm} memperlihatkan nilai minimum pada bulan Mei dan Juni 2009 dengan rata-rata bulanan 0,540 dan 0,497. Adapun maksimum rata-rata bulanan adalah 0,891 terjadi pada Februari 2009, diduga terjadi letusan gunung berapi. Rata-rata bulanan AOD_{483,5nm} pada bulan-bulan peralihan kemarau ke penghujan SON adalah tinggi dibandingkan bulan-bulan lainnya yaitu 0,767; 0,737 dan 0,705 berurutan pada September, Oktober dan Nopember 2009. Sumber-sumber aerosol adalah gunung berapi yang banyak terdapat di sepanjang khatulistiwa, juga dari sumber kebakaran hutan dan lahan yang melanda di Indonesia setiap tahunnya. Kasus kebakaran hutan dan lahan pada musim kemarau menimpa Indonesia di bulan Agustus sampai Nopember pada tahun 2009 di Kalimantan dan Sumatera. Secara umum konsentrasi aerosol tertumpuk pada musim peralihan dari kemarau ke hujan SON menjadi perhatian dalam mempengaruhi temperatur udara permukaan di Indonesia sebagai penyeimbang dampak gas-gas rumah kaca.



Gambar 3.1. Variabilitas AOD_{483,5nm} selama tahun 2009 di Indonesia

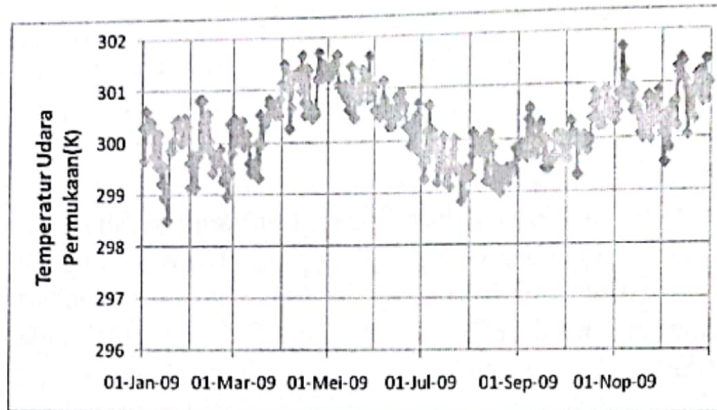
Variabilitas fraksi awan dari Januari sampai Desember 2009 rata-rata tinggi pada musim penghujan DJF seperti diperlihatkan pada Gambar 3.2. Rata-rata bulanan fraksi awan maksimum terjadi pada bulan Februari sebesar 0,420 dan bulan Januari dan Desember masing-masing sebesar 0,391 dan 0,337 secara berurutan. Pembentukan awan di Indonesia terjadi maksimum pada bulan-bulan Desember sampai Februari. Pada bulan-bulan tersebut prosentase humidity cukup tinggi. Berdasarkan data rata-rata harian tahun 1998 sampai 2008 selama 11 tahun dari satelit TRMM (Tropical Rain Measuring Mission-NASA) tahun 2009 (trmm.gsfc.nasa.gov, 2009), wilayah Indonesia Barat tepatnya Sumatera Selatan sampai Jawa dari Desember sampai Februari curah hujan tertinggi adalah 12-20 mm/hari. Adapun wilayah Indonesia timur seperti Nusa Tenggara, Maluku dan Sulawesi untuk bulan basah terjadi pada Desember sampai Februari dengan rata-rata curah hujan 10-15 mm/hari. Penelitian Smirnov dan Shifrin (1989) mengenai ketebalan optik aerosol (semua data yang didapatkan) di atas lautan yaitu di laut Baltic dan Atlantic Utara dimana kelembaban udara diatas 80% menyebabkan nilai ketebalan optik aerosol pada panjang gelombang 550 nm berfluktuasi sekali. Nilai ketebalan optik aerosol pada panjang gelombang 550 nm terlihat konstan pada kelembaban udara dibawah 80% tidak terdapat pengaruh kelembaban udara dengan koefisien korelasi -0,22.



Gambar 3.2. Variabilitas fraksi awan dari Januari sampai Desember 2009 di Indonesia.

Variabilitas harian temperatur udara permukaan dari Januari sampai Desember 2009 memperlihatkan nilai tinggi pada bulan April dan Mei 2009 (Gambar 3.3). Rata-rata bulan temperatur maksimum adalah 301,092 dan 301,101 pada bulan April dan Mei 2009. Dari pola temperatur terlihat adanya pengaruh aerosol atau $AOD_{483,5nm}$ yang signifikan, yaitu pola $AOD_{483,5nm}$ tinggi pada bulan-bulan SON (Gambar 3.1) menimbulkan pola temperatur yang rendah pada bulan Agustus dan September yaitu 299,568 K dan 299,886 K.

Demikian pula pengaruh fraksi awan terhadap temperatur terlihat pada pola antara keduanya yang bertolak belakang meskipun tidak setajam antara aerosol dengan temperatur (Gambar 3.2 dan Gambar 3.3). Aerosol mempengaruhi radiasi matahari secara langsung dan tidak langsung melalui fraksi awan dalam bentuk inti kondensasi yang berasal dari aerosol dan akan menghamburkan radiasi matahari.



Gambar 3.3. Variabilitas temperatur udara permukaan di Indonesia periode 2009.

3.2. Korelasi $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$, Fraksi awan dan Temperatur

Metode korelasi Pearson secara umum dipergunakan untuk uji korelasi antara variabel bebas dan tidak bebas (Singgih Gunawan, 2007). Maka dilakukan uji statistik untuk menguji pengaruh aerosol dan fraksi awan terhadap temperatur udara permukaan dengan SPSS (Statistical Product and Service Solutions).15. Nilai koefisien korelasi (r) berada antara 1 dan -1 ($-1 \leq r \leq 1$). Variabel-variabel dikatakan memiliki korelasi yang kuat jika nilai koefisien korelasinya lebih besar dari 0,5 atau lebih kecil dari -0,5. Untuk uji pengaruh antar variabel-variabel digunakan nilai probabilitas (p -value) atau dalam SPSS tertulis SIG (*significance*). Jika p -value nilainya lebih rendah daripada α (alpha) maka pengaruh antar variabel dikatakan signifikan, sedangkan jika nilainya lebih tinggi maka berarti pengaruh antar variabel tidak signifikan. Nilai α (alpha) adalah nilai koefisien kepercayaan yang dalam perhitungan ini digunakan α (alpha) 0,05 atau tingkat kepercayaan 95% (Seni, 2005). Hasil perhitungan korelasi diperlihatkan dalam Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1. Korelasi $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$, fraksi awan dan temperatur berdasarkan metode korelasi Pearson

		$AOD_{(483,5 \text{ nm})}$	Temperatur (K)	Fraksi Awan
$AOD_{(483,5 \text{ nm})}$	Korelasi Pearson	1	-0,745(*)	0,693
	Sig. (2-ekor)		0,021	0,057
	N	9	9	8
Temperatur (K)	Korelasi Pearson	-0,745(*)	1	-0,659
	Sig. (2-ekor)	0,021		0,075
	N	9	9	8
Awan	Korelasi Pearson	0,693	-0,659	1
	Sig. (2-ekor)	0,057	0,075	
	N	8	8	8

* Korelasi adalah signifikan pada level $\alpha = 0,05$ (2-ekor)

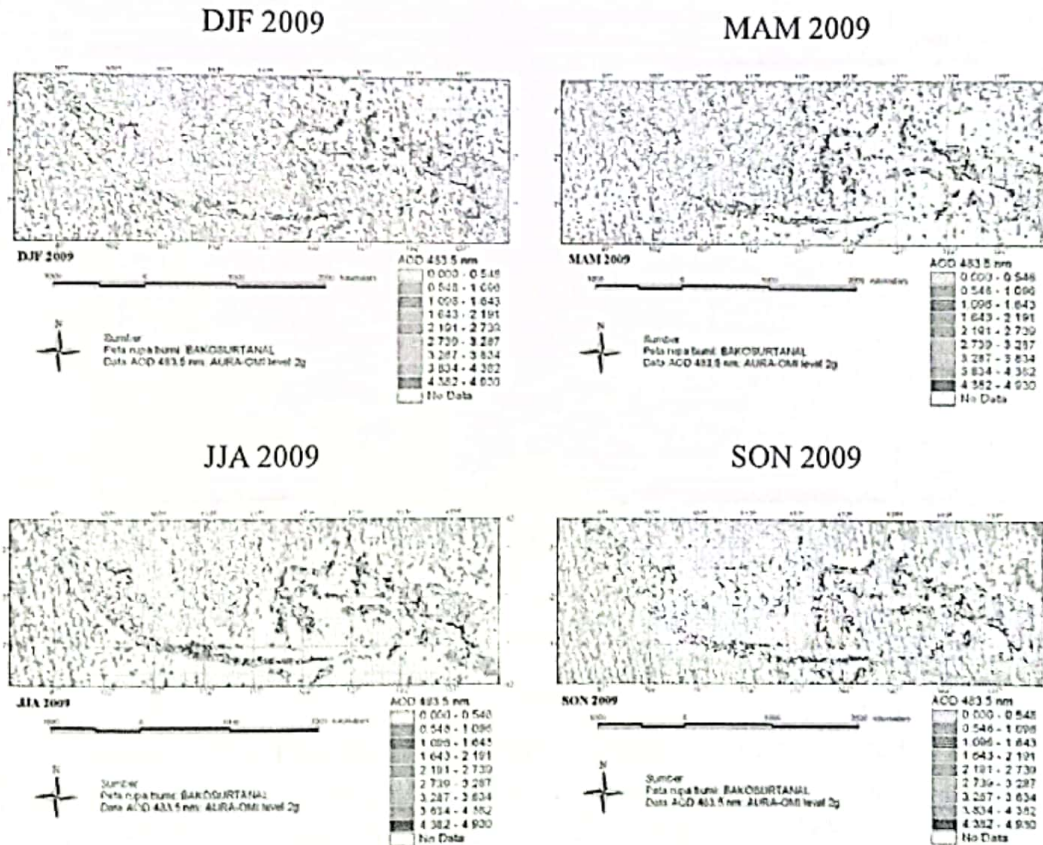
* Kriteria untuk signifikan adalah $p < 0,05$

Hasil analisis memperlihatkan bahwa pengaruh $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$ terhadap temperatur sangat kuat sekali dengan nilai korelasi -0,745* artinya $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$ tinggi maka

temperatur rendah dengan tanda bintang(*) menunjukkan signifikan dengan nilai probabilitas 0,021 yaitu lebih kecil dari 0,05. Dari persamaan korelasi $y = -2,646 x (AOD_{(483,5 \text{ nm})}) + 302,0$ dimana y adalah temperatur dalam satuan Kelvin. Hasil analisis terdapat penurunan temperatur dikarenakan aerosol sebesar 2,646 K setiap nilai 1 untuk $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$. Hal ini menunjukkan bahwa aerosol menyebabkan pendinginan bumi.

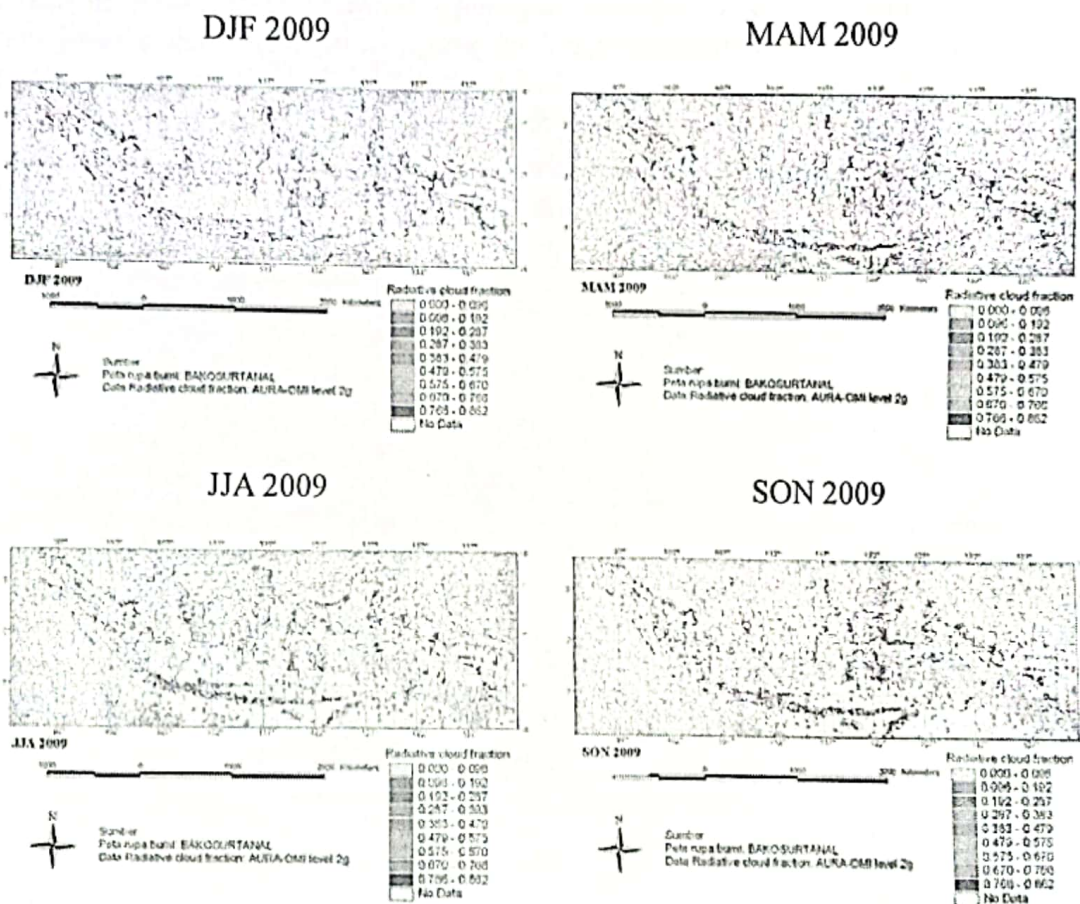
Hasil analisis statistik korelasi antara fraksi awan dengan temperatur yang menunjukkan seberapa besar pengaruh fraksi awan terhadap temperatur adalah -0,659 dengan nilai probabilitas 0,075 yaitu lebih besar dari 0,05. Tidak ada tanda bintang(*) sebagai tanda signifikan, tetapi dari persamaan korelasi $y = -4,651x$ fraksi awan + 301,8 dimana y adalah temperatur dalam satuan Kelvin, diperoleh bahwa setiap nilai 1 untuk fraksi awan akan menurunkan temperatur sebesar 4,651 K. Penurunan temperatur udara permukaan yang dikarenakan fraksi awan ternyata lebih besar dibandingkan penurunan yang ditimbulkan oleh aerosol. Berdasarkan tabel *forsing* radiasi iklim dari IPCC (2007), nilai *forsing* radiasi karena efek radiasi langsung dari aerosol adalah -0,5 watt/m² dan nilai *forsing* radiasi karena efek radiasi tidak langsung dari awan (efek albedo awan) adalah -0,7 watt/m². Tanda negatif menunjukkan radiasi yang dihamburkan oleh aerosol dan awan lebih besar dibandingkan yang diserap. Maka awan lebih banyak menurunkan temperatur dibandingkan aerosol karena nilai negatif *forsing* radiasi awan lebih besar dari aerosol.

3.3. Distribusi spasial $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$



Gambar 3.4. Distribusi spasial $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$ berdasarkan 4 musim pada tahun 2009 di Indonesia.

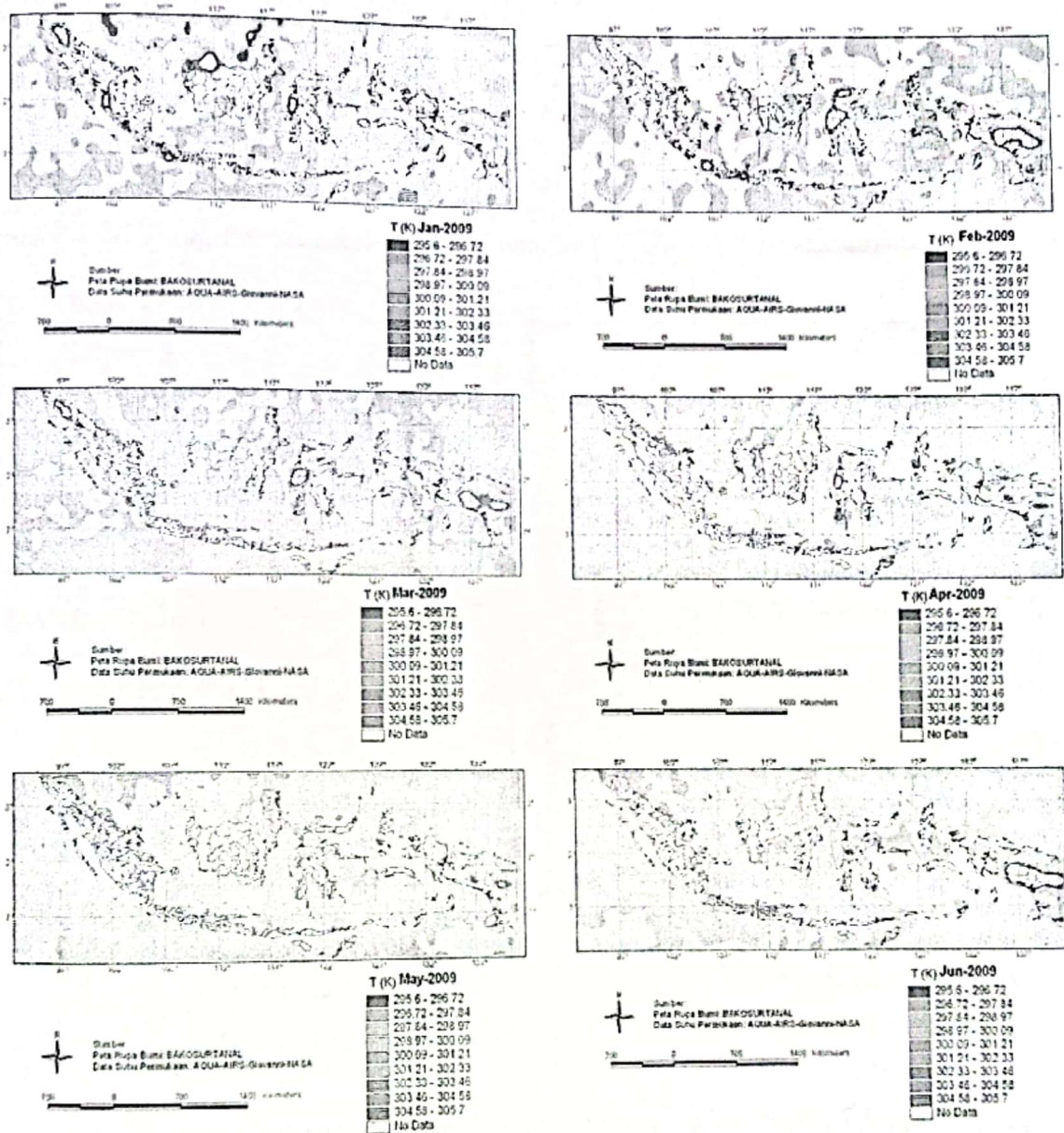
Distribusi spasial $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$ berdasarkan 4 musim selama tahun 2009 di Indonesia menggambarkan kondisi penyebaran aerosol dalam $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$ yang berfluktuasi (Gambar 3.4). Distribusi spasial $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$ terlihat terkonsentrasi tinggi di Kalimantan dan Sumatera, dengan nilai variasi minimum 0,000-0,548 dan variasi maksimum 4,382-4,930 di seluruh wilayah Indonesia. Pada musim SON, wilayah Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan dan Timur mempunyai nilai $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$ yang cukup tinggi dan merata yaitu variasi 2,739-3,287 sampai 4,382-4,930. Untuk Kalimantan Barat hanya wilayah yang berbatasan dengan Kalimantan Tengah yang tinggi sampai 4,382-4,930 sedangkan sebagian besar adalah 1,643-2,191. Sedangkan nilai cukup tinggi dengan variasi 2,739-3,287 terdapat di sepanjang pantai timur Sumatera dari propinsi Riau sampai Sumatera Selatan. Wilayah-wilayah tersebut adalah daerah yang mengalami kebakaran hutan dan lahan pada musim kemarau sampai peralihan yang menimpa Kalimantan dan Sumatera. Pada tiga musim lainnya yaitu hujan, peralihan hujan kemarau dan kemarau ternyata tingkat $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$ rata-rata lebih rendah.



Gambar 3.5. Distribusi spasial fraksi awan berdasarkan 4 musim pada tahun 2009 di Indonesia.

Gambar 3.5 memperlihatkan distribusi spasial fraksi awan dalam 4 musim di Indonesia yang bervariasi dari yang rendah 0,000-0,096 sampai yang tinggi 0,766-0,862. Fraksi awan di atas puncak Jayawijaya di wilayah Papua Barat mempunyai nilai tinggi yaitu 0,766-0,862 sepanjang tahun dikarenakan faktor alam karena tempat yang tinggi tempat terbentuknya awan. Pada musim penghujan fraksi awan dengan nilai 0,479-0,575 hampir merata di seluruh Indonesia. Sedangkan fraksi awan dengan nilai yang cukup tinggi yaitu 0,670-0,766 banyak terdapat dari Sumatera Barat, Riau sampai ujung selatan

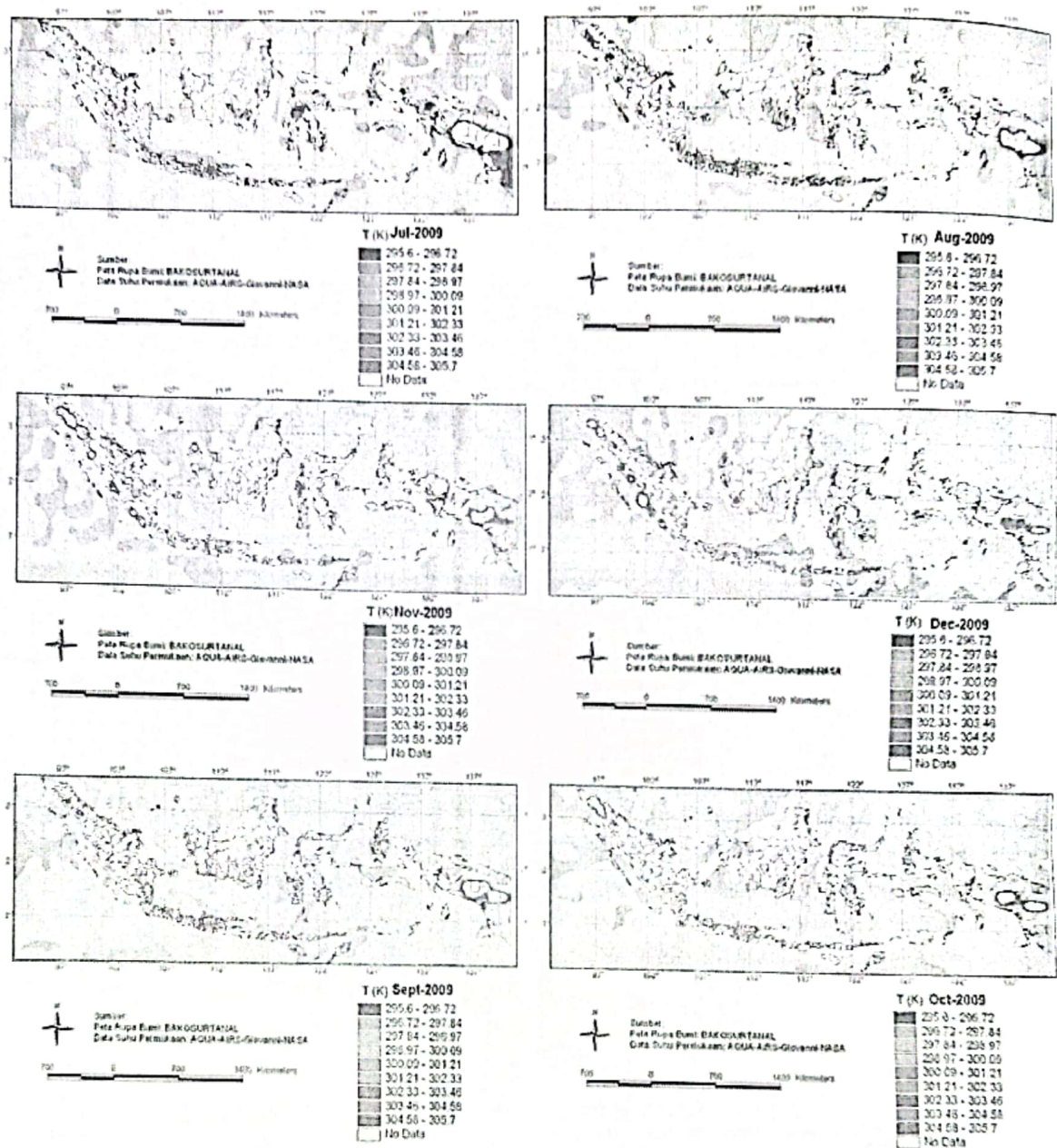
Sumatera dan Jawa dan Sulawesi. Fraksi awan pada waktu musim kemarau JJA adalah rendah untuk Jawa, Bali dan Nusa Tenggara dan wilayah Indonesia Timur lainnya kecuali Papua Barat yaitu dari 0,096-0,192 sampai 0,192-0,287. Adapun fraksi awan pada musim yang sama untuk Kalimantan, Sumatera dan Sulawesi lebih tinggi yaitu 0,287-0,383.



Gambar 3.6. Distribusi temperatur udara permukaan dari Januari sampai Juni 2009 di Indonesia.

Temperatur udara permukaan pada musim penghujan mempunyai nilai terendah 295,6-296,72 K (merah) sampai 297,84-298,97 K (kuning) merata di seluruh Indonesia pada 2009, kondisi ini berkorelasi baik dengan keberadaan fraksi awan (Gambar 3.6). Bulan Mei temperatur udara permukaan mulai naik sampai kisaran 302,33-303,46 K (ungu tua) merata di Sumatera dan ke arah Jawa memasuki bulan Juni. Pada bulan Mei dan Juni tersebut, temperatur di wilayah Papua Barat, Kalimantan Utara dan Sulawesi lebih rendah 297,84-298,7 K (kuning) sampai 296,72-297,84 K (orange). Hal ini terlihat sekali ada

pengaruh fraksi awan yang cukup tinggi pada bulan-bulan tersebut di wilayah Papua Barat, Kalimantan Utara dan Sulawesi (Gambar 3.5).



Gambar 3.7. Distribusi temperatur udara permukaan dari Juli sampai Desember 2009 di Indonesia.

Dari Gambar 3.7 terlihat distribusi temperatur dari Juli sampai Desember 2009 di Indonesia bervariasi. Pada bulan Nopember 2009 temperatur mulai turun dari 295,6-296,72 K (merah) sampai 297,84-298,97 K (kuning) di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi Tengah, Jawa Barat dan Tengah serta Papua Barat. Pada bulan Desember, temperature masih tetap sama di wilayah tersebut kecuali Jawa, Bali dan Nusa Tenggara naik menjadi 302,33-303,46 K (ungu). Hal tersebut terkait dengan nilai fraksi awan yang minimum di wilayah tersebut yaitu 0,000-0,096 K seperti dapat dilihat pada Gambar 3.5.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis korelasi Pearson terdapat korelasi yang kuat dan signifikan dari $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$ terhadap temperatur sebesar -0,745 dibandingkan awan terhadap temperatur yaitu -0,659. Selain itu hasil analisis memperlihatkan pengaruh aerosol terhadap temperature berupa penurunan temperatur sebesar 2,646 K setiap nilai 1 untuk $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$. Dan penurunan temperatur yang disebabkan oleh fraksi awan adalah 4,561 K setiap nilai 1 untuk fraksi awan. Pada tahun 2009 nilai $AOD_{(483,5 \text{ nm})}$ rata-rata bulanan adalah 0,646 dengan maksimum 1,309 dan minimum 0,339 untuk Indonesia. Adapun fraksi awan rata-rata bulanan 0,301 dengan nilai maksimum 0,555 dan minimum 0,109 untuk Indonesia. Dari hasil analisis spasial ternyata daerah Kalimantan dan Sumatera memberikan kontribusi aerosol terbesar dibandingkan wilayah Indonesia bagian timur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada NASA-Giovanni untuk dapat mengunduh data *Aerosol Optical Depth* (AOD) dan fraksi awan dari satelit Aura-NASA sensor OMI (*The Ozone Monitoring Instrument*) serta data temperatur permukaan udara dari satelit Terra-Aqua sensor AIRS (*Atmospheric Infrared Sounder*). Terima kasih juga saya ucapkan kepada Ibu Wiwiek Setyawati, BEng. MT yang telah banyak membantu dalam penyelesaian *paper* saya ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Houghton J., 1986, *The Physics of Atmospheres* Second Edition, Cambridge University Press, 39-56.
- IPCC, 1992, *Climate Change 1992, The Supplemental Report to The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, p.200.
- IPCC, 2007, *Climate Change 1992, The Supplemental Report to The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press.
- McCormick M. P., Thomason L. W., and Trepte C.R. (1995), Atmospheric effects of the Mt Pinatubo Eruption, *Nature*, Vol. 373, pp. 399-404.
- McCormick dan Ludwig (1967), *Climate modification by Atmospheric Aerosols*, *Science*, 156, 1358-1359.
- Ohta S., Murao N., Yamagata S., Fukasawa T., Hasegawa S., dan Arao K., (1997), Variation in Atmospheric Turbidity in The Area Around Japan, *Journal of Global Environment Engineering, Environ.*, Vol. 3, pp. 9-21.
- Parker D. E., Wilson H., Jones P. D., Christy J. R., dan Pollard C. K. (1995), The Impact of Mount Pinatubo on Worldwide Temperatures, *International Journal of Climatology*.
- Santosa S., 2001, *SPSS Mengolah Data Statistik Secara Profesional Versi 7.5*, Penerbit PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia-Jakarta, 217-254.
- Seinfeld J.H., and Pandis S.N., 1997, *Atmospheric Chemistry and Physics*, John Wiley and Sons Inc., pp. 1143-1145.
- Seni, M. S., 2005, Tugas makalah: Analisis Multiregresi, STT Telkom Bandung, <http://www.stttelkom.ac.id>.
- Smirnov A.V., and K.S. Shifrin, Relationship of optical thickness to humidity of air above the ocean, *Izv. Acad. Sci. USSR Atmos. Oceanic Phys.*, Engl. Transl., 25, 374-379, 1989.
- TRMM (Tropical Rain Measuring Mission-NASA), 2009, trmm.gsfc.nasa.gov.